Versuche über die Einwirkung des Druckes auf die motorischen und sensiblen Nerven.

Von

Dr. Carl Lüderitz,

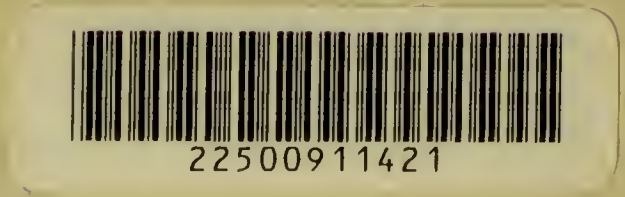
Assistenzarzt der medicinischen Klinik zu Jena.

(Separat-Abdruck aus der Zeitschrift für klinische Medicin. Bd. II. Heft 1.)

WL100
1880
L94v

LÜDERITZ

22500911421



Versuche

über die

Einwirkung des Druckes

auf die

motorischen und sensiblen Nerven.

Habilitationsschrift

zur

Erlangung der Venia docendi

in der

medicinischen Facultät der Universität Jena

vorgelegt

von

Dr. Carl Lüderitz,

Assistenzarzt der medicinischen Klinik zu Jena.

Berlin, 1880.

WELLCOME LIBRARY INSTITUTE

303950
Cyrus Coll

WELL... ...TUTE
Coll
Call
No. WL100
1880
L94v

Seinem

lieben Vetter und hochverehrten Lehrer

Herrn

Hofrath Professor Dr. Nothnagel,

Director der medicinischen Klinik zu Jena,

in Dankbarkeit

gewidmet

vom Verfasser.

Die klinische Erfahrung lehrt, dass bei mechanischen Läsionen gemischter Nerven die Motilität in der Regel in höherem Grade leidet, als die Sensibilität. Während die vom lädirten Nerven versorgten Muskeln dem Willen nicht mehr gehorchen, ist die Empfindung der Theile, in welchen die anatomisch bekannte Verbreitung des Nerven geschieht, meist viel weniger alterirt, oft besteht nur an ganz beschränkten Hautstellen völlige Anaesthesie, oft ist die Sensibilität überhaupt nur sehr unbedeutend gestört, ja, sie kann völlig intact sein, selbst jede subjective sensible Störung, wie Kriebeln und Taubsein, kann fehlen.

So augenfällig und lange bekannt diese Thatsachen sind, so sehr sie bei der Einfachheit der Aetiologie und der rein peripheren Natur der Störung einer exacten Deutung zugänglich erscheinen, so ist dennoch auch bei dem heutigen Stande der Forschung das Dunkel dieser Vorgänge nicht völlig gelichtet. Sehr nahe lag natürlich die Annahme, dass dieses Ueberwiegen der motorischen Störung über die sensible einfach herzuleiten sei von einer grösseren Widerstandsfähigkeit der die Empfindung vermittelnden Nervenfasern gegen traumatische Einflüsse, so dass die centripetale Erregungswelle die Läsionsstelle noch zu passiren vermag, während der motorische Reiz nicht über diese Stelle hinaus fortgeleitet werden kann. So wurde früher, so wird auch jetzt noch der Zusammenhang gedacht[1]). Doch diese Annahme ist nichts als eine Umschreibung der Thatsachen, so lange der exacte Beweis für ihre Richtigkeit mangelt; und ohne diesen Beweis erscheint es um so mehr unthunlich, für sie mit voller Ueberzeugung einzutreten, als sie mit einem Axiom der Physiologie, nach welchem weder in anatomischer noch physiologischer noch chemischer Hinsicht eine Verschiedenheit zwischen motorischen und sensiblen Fasern besteht, im Widerspruch zu stehen scheint.

---

[1]) Erb, Nervenkrankheiten in Ziemssen's Handbuch der spec. Path. u. Ther. XII. 1. S. 366.

Es ist daher leicht erklärlich, dass jedes neue Ergebniss der Forschung, durch welches im speciellen Falle jenes Missverhältniss zwischen motorischer und sensibler Störung anders als durch die Annahme einer verschiedenen Resistenzfähigkeit erklärt werden kann, dieser Annahme vorgezogen wird; und in der That sind wir in neuerer Zeit mit einer Reihe von Erscheinungen in der Verbreitungsweise und Function der peripheren sensiblen Nerven bekannt geworden, welche sehr wohl geeignet scheinen, jenes Missverhältniss völlig zu erklären, in einzelnen Fällen auch sicherlich die einzige Erklärungsweise abgeben.

Vor Allem ist natürlich eine Vorfrage zu erledigen: wie nämlich nach thatsächlicher Ausschaltung der Function eines Nervenstammes, z. B. nach der Durchschneidung desselben, Motilität und Sensibilität in dem ganzen, ausweislich der anatomischen Präparation bekannten Gebiete desselben sich verhalten, ob wirklich hierbei, entsprechend der motorischen Paralyse, vollkommene Anaesthesie in dem betreffenden Bezirk die Folge ist.

Die Erfahrung hat nun gelehrt, dass letzteres durchaus nicht zutrifft. Zur Erläuterung mag eine kurze Uebersicht des über diesen Gegenstand Bekannten dienen.

Zunächst sind hier jene Fälle anzumerken, in denen nach sicherer Durchschneidung eines Nerven (speciell eines Armnerven, meistens N. medianus), ja nach der Excision eines längeren Stückes desselben, sowohl die Bewegung als besonders oder auch allein die Empfindung überraschend wenig oder auch gar nicht beeinträchtigt war. Richet[1]) sah bei einer Frau, welcher der N. medianus einige Centimeter oberhalb des Handgelenks durch ein scharfes Metallstück quer zerrissen worden war, die Sensibilität im ganzen Bereiche des Nerven intact, und als er das untere abgerissene Ende des Nerven erfasste, gab die Patientin lebhafte Schmerzensäusserungen kund. Die schon vor Richet beobachteten Fälle von Nélaton[2]) und von Laugier[3]), in welchen nach Anlegung der Nervennaht am Medianus die in dessen Gebiet bestehende Anaesthesie in wenigen Tagen verschwunden sein sollte, wurden Anfangs als eclatante Beispiele für den vorzüglichen Erfolg der neuen Operation, der Nervennaht, angesehen; später wurde die Richtigkeit beider Beobachtungen mehrfach angezweifelt, und nach den Mittheilungen Richet's[4]) über den Fall von Nélaton soll letzterer selbst zugestanden haben, dass auch vor Anlegung der Naht die Sensibilität im Medianusgebiet erhalten ge-

[1]) Gaz. des hôpitaux No. 131, 134, 140.

[2]) S. den Bericht von Houel in der Wiener med. Wochenschr. 1864. No. 28.

[3]) Comptes rendus 1864. LVIII. p. 1139.

[4]) Bardeleben im Jahresbericht von Virchow und Hirsch für 1867. II. S. 346.

wesen sei; auch hier also nach sicherer Durchtrennung des Medianus keine erhebliche Sensibilitätsstörung. Savory[1]) sah nach Durchschneidung des N. radialis die entsprechende Lähmung der Extensoren der Hand und Finger, doch nur sehr unbedeutende Störung der Empfindung. — Kraussold[2]) beschreibt einen Fall von Sarcom des N. medianus, wobei ein 11 Ctm. langes Stück aus dem Nerven ausgeschnitten wurde; vor der Operation Motilität und Sensibilität völlig normal, nach derselben nur eine ganz minimale Motilitätsstörung. Andere hierher gehörige Fälle sind mitgetheilt von Lenoir[3]), Kiallmark[4]), Mitchell[5]), Szeparowicz[6]). Eine Erklärung dieser Thatsachen kann, zumal wenn man berücksichtigt, dass dieselben doch nur Ausnahmen von der Regel sind, ausreichend nur durch die Annahme gegeben werden, dass es sich dabei um Varietäten im Verlauf der gröberen Nervenäste gehandelt habe; und in Uebereinstimmung hiermit lehrt auch die Anatomie, dass gerade für die Armnerven solche Varietäten durchaus nicht grosse Seltenheiten sind[7]).

Noch eine andere höchst auffallende Eigenthümlichkeit in der Verbreitungsweise der peripheren Nerven wird durch den einen der vorstehend erwähnten Fälle illustrirt. Richet erfasste in der Wunde das periphere abgetrennte Ende des Medianus und die Kranke schrie laut auf, — dieser Stumpf musste also sensible Fasern enthalten, welche von anderen Armnerven herrührend im Stamme des Medianus centralwärts verlaufen. Eine derartige ad oculos demonstrirbare Sensibilité récurrente hat auch Remak[8]) am Menschen gesehen: auf der Bardelebenschen Klinik wurde gelegentlich einer Neurotomie des N. medianus nach dem Erwachen aus der Narkose constatirt, dass die an den peripheren Nervenstumpf applicirte faradische Reizung den Kranken zu Schmerzensäusserungen veranlasste. Genaueres aber über diese rückläufige Sensibilität haben die Thierversuche ergeben. Schon Claude Bernard hatte sensible Eigenschaften an den peripherischen Stümpfen durchschnittener vorwiegend motorischer Hirnnerven kennen gelehrt, so am Facialis und Accessorius[9]); Chauveau[10]) fand diese Eigenschaften vorzüglich bei

---

[1]) Lancet, Aug. 1, 1868.

[2]) Archiv für klin. Chirurgie. XXI., 2. 1877.

[3]) S. bei Létiévant, Traité des sections nerveuses. Paris 1873. p. 22.

[4]) Lancet 1867, Dec. 14.

[5]) American Journ. of medic. sciences 1874.

[6]) Bardeleben im Jahresbericht von Virchow und Hirsch für 1877. II. S. 320.

[7]) S. Henle, Nervenlehre.

[8]) Berliner med. Gesellsch. in der Berl. klin. Wochenschr. 1880. No. 9.

[9]) Leçons sur la physiol. et la path. du système nerveux. Paris 1858. II. p. 25ff., p. 259ff.

[10]) Journ. de la phys. IV. 1866. p. 361.

Hunden leicht nachweisbar; am gründlichsten haben Arloing und Tripier diese Frage in Angriff genommen und in einer Reihe von Arbeiten ihre Ergebnisse mitgetheilt[1]). Sie constatirten die rückläufige Sensibilität sowohl an rein motorischen (Facialis), als rein sensiblen (Trigeminus), als auch an gemischten Nerven; am Facialis wird sie durch Fasern vom Trigeminus bedingt, für die rein sensiblen und für die gemischten Nerven stammt sie von benachbarten Nerven her. Diese Fasern steigen eine verschiedene Strecke weit in dem Nervenstamme, mit dem sie sich verbunden haben, aufwärts. Sie sind am reichlichsten in der Peripherie vorhanden; centralwärts nehmen sie ab und fehlen endlich ganz. Die Umbiegungsstelle liegt vorzugsweise in der Peripherie. Auch histologisch brachten diese Forscher den Beweis für die Existenz solcher Fasern; indem sie die durchschnittenen Nerven auf das Vorkommen degenerirender Fasern untersuchten, fand sich, so oft der periphere Stumpf sich sensibel zeigte, stets in demselben auch eine geringe Anzahl normal gebliebener Fasern vor, und entsprechend eine Anzahl degenerirender Fasern im centralen Nervenstück. Dass diese vorwiegend der Peripherie angehörige rückläufige Sensibilität durch dieselben Bahnen, wie die schon 1838 von Magendie entdeckte Sensibilität der vorderen Wurzeln vermittelt wird, ist nicht wahrscheinlich; denn nach den Untersuchungen von Bernard[2]) und Schiff[3]) bleibt trotz Durchschneidung des N. cruralis und ischiadicus am Oberschenkel die Empfindlichkeit der vorderen Wurzeln bestehen, während sie bei Durchschneidung des gemischten Nervenstammes nahe der Verbindungsstelle beider Wurzeln verschwindet.

Die Thatsachen des Umbiegens und centripetalen Verlaufs sensibler Fasern sind fast ausschliesslich aus Thierversuchen erschlossen, dagegen liefert auch die klinische Erfahrung zahlreiche Belege für einen weiteren die Verbreitungsweise der peripheren Nerven betreffenden wichtigen Satz: dass nämlich sensible Nerven, die ganz verschiedenen Stämmen angehören, an der Peripherie aufs Mannigfachste und Innigste in einander greifen, derart, dass nach Ausschaltung des einen Stammes eine theilweise oder fast völlige functionelle Vertretung durch einen benachbarten Nervenstamm erfolgen kann. Vielleicht gehören auch die oben angeführten am Menschen beobachteten Fälle von Nervendurchschneidung, wenigstens zu einem Theile, hierher; es ist sehr schwierig, in einem speciellen derartigen Falle mit Bestimmtheit zu sagen, ob für die Erhaltung der Empfindung eine Anomalie des Verlaufs oder die eben erwähnte gegenseitige Vertretung der Nervenfasern die Ursache ist. In

---

[1]) Compt. rend. 1868. LXVII. p. 1058. — Arch. de phys. 1869. II. p. 33—60, p. 307—321. 1876. p. 11—44, p. 105—132.

[2]) L. c. I. p. 99 ff.

[3]) Lehrb. der Phys. des Menschen. I. Lahr, 1858—59. S. 144 ff.

dem Kraussold'schen Falle z. B. ist wohl sicher eine solche Anomalie im Verlauf der gröberen Aeste die Ursache für den Befund, in den unten zu nennenden Beobachtungen Létiévant's dagegen wohl sicher die Eigenschaft der gegenseitigen Vertretung — in anderen Fällen ist die richtige Beurtheilung vorläufig ganz unmöglich.

Schon vor Jahren theilte v. Bruns[1]) eine Anzahl (fünf) von Beobachtungen mit, in denen bei Resectionen am Ober- und Unterkiefer aus den durch diese Knochen laufenden Nerven Stücke herausgeschnitten wurden und dennoch die Sensibilität durchaus nicht entsprechend alterirt war. Sofort oder erst nach einigen Tagen trat eine Verminderung oder auch völlige Aufhebung der Tast- und Temperaturempfindung in den entsprechenden Hautbezirken auf, in allen Fällen aber kehrte die Empfindung — bald nach mehreren Wochen, bald schon nach einigen Tagen — wieder zurück. Nach v. Bruns kann die erst nach Wochen erfolgende Restitution vielleicht auf wirklicher Regeneration der getrennten Nervenstämme beruhen, für die anderen Fälle hingegen müsse man annehmen, dass die Sensibilität entweder von sensiblen Fasern, die dem Facialis beigemischt sind, herrühre, oder davon, dass von den Schnitträndern her aus dem umliegenden gesunden Gewebe feine Nervenzweigchen hineinwachsen, oder endlich, dass von intact gebliebenen Aesten des Trigeminus zu der Hautpartie, deren Nerv durchschnitten ist, noch feine, bisher unbekannte Nervenfädchen hingehen. Ganz ähnlich sind die Beobachtungen von Wagner[2]), in welchen an verschiedenen Aesten des Trigeminus die Neurotomie gemacht wurde und gleich nach der Operation Anaesthesie bestand, in einigen Tagen jedoch die Sensibilität, freilich incomplet, wieder zurückkehrte. Kraussold[3]) beschreibt einen Fall von Hiebwunde in den N. ulnaris am Oberarm: es bestand anfangs völlige motorische und sensible Lähmung im Ulnarisgebiet, am 3. Tage aber kehrte die Empfindung etwas zurück und war am 6. Tage nahezu normal. Vom 8—12. Tage verschlechterte sie sich wieder, um dann allmälig, ebenso wie die Motilität, wieder ihren normalen Grad zu erreichen[4]). Sehr instructiv für die uns beschäftigende Frage sind die

---

[1]) Chirurg. Path. und Ther. des Kau- und Geschmacksorgans. Tübingen 1859. I. S. 845—857.

[2]) Citirt bei Létiévant l. c. p. 175.

[3]) Ueber Nervendurchschneidung und Nervennaht. Volkmann's klin. Vortr. No. 132. 1875.

[4]) Der vorliegende Fall leidet vielleicht Einbusse an seiner Beweisfähigkeit und Hierhergehörigkeit durch den Umstand, dass der getrennte N. ulnaris durch die Naht vereinigt wurde, so dass die schnelle Restitution der Sensibilität möglicherweise ein Zeichen einer durch die Operation der Nervennaht herbeigeführten prima intentio ist. Zwar haben vor Jahren Eulenburg und Landois (Berl. klin. Wochenschr. 1864. No. 46 und 47) auf Thierversuche gestützt sich gegen eine prima intentio erklärt.

Fälle, welche Létiévant anführt in seinem durch eine reichhaltige Casuistik eigner und fremder Beobachtungen sowie durch sorgfältige Beurtheilung des betreffenden Gegenstandes besonders vom physiologischen Gesichtspunkte aus werthvollen Buche „Traité des sections nerveuses“ Die meisten der hier mitgetheilten Beobachtungen über Sensibilitätsverhältnisse nach Nervendurchschneidungen beziehen sich auf die Armnerven; Létiévant ist dabei zu folgenden Resultuten gelangt. Nach Durchtrennung eines der drei Armnerven ist der nach den Ergebnissen der Anatomie bekannte entsprechende Hautbezirk durchaus nicht völlig und überall der Empfindung beraubt, sondern er bietet ein Maximum der Anaesthesie nur an ganz beschränkten Stellen dar, derart, dass hier selbst starke Nadelstiche nicht empfunden werden, dass aber leichte Berührung, besonders leichtes Reiben, oft auch von diesen Stellen aus percipirt wird. Dies Maximum findet sich für den Medianus an der Nagelphalanx des Zeigefingers, für den Ulnaris am Ulnarrand des Kleinfingerballens, für den Radialis an einer Stelle des Handrückens nahe der Basis des Zeige- und Mittelfingers [1]). Auch für das Gesicht und die unteren Extremitäten werden ganz analoge Verhältnisse angegeben.

Es stimmen diese Resultate vollkommen überein mit älteren Beobachtungen, welche zur Entscheidung der Frage der peripheren Verbreitungsweise der Hirn-Rückenmarksnerven aus Thierexperimenten gewonnen siud. Peyer, Krause, Eckhard, C. Meyer sind dabei zu werthvollen Resultaten gelangt; speciell die sensiblen Nerven in ihrer Verbreitungsweise untersuchte Koschewnikoff [2]) an den hinteren Extremitäten des Frosches; die genauesten Aufschlüsse verdanken wir Türck [3]), der diesen Gegenstand in ausgedehnten, besonders an Hunden vorgenommenen Versuchsreihen abgehandelt hat. Nach letzterem Forscher gibt es (beim Hunde) für die Hautnerven ausschliessende und gemeinschaftliche Bezirke. Nach der Durchtrennung eines Nervenstammes mit ausschliessendem Bezirk tritt absolute, bei gemeinschaftlichem Bezirk gar keine oder nur unvollkommene Anaesthesie auf. Während Hals- und Rumpfnerven sich in ausschliessenden Bezirken verbreiten, haben die Extremitätennerven beiderlei; der 7. und 8. Hals- sowie der 6. und 7. Lendennerv haben nur gemeinschaftliche Bezirke; an der Hohlhand und an der Fusssohle findet sich je ein Bezirk, der sogar von drei gemischten Nerven gemein-

---

doch führt andererseits v. Langenbeck (Berl. klin. Wochenschr. 1880. No. 8) den Kraussold'schen Fall als Beweis für den günstigen Erfolg der Nervennaht an.

[1]) l. c. p. 42, 84, 105.

[2]) Archiv f. Anat. und Phys. 1868. S. 326.

[3]) Wiener Sitzungsberichte XXI. 1856. — Ueber die Hautsensibilitätsbezirke der einzelnen Rückenmarksnerven, herausgegeben von Wedl, Wien 1869. Citirt bei Hermann, Handbuch der Physiologie.

schaftlich versorgt wird. Auch Arloing und Tripier[1]) haben die Sensibilität der äusseren Bedeckungen nach Durchschneidung von Extremitätennerven an Thieren studirt; sie kamen zu ähnlichen Resultaten wie Türck und fanden u. A., dass beim Hund und der Katze die Zehen, und zwar in ganzer Ausdehnung, noch für Schmerzeindrücke empfindlich blieben, so lange nur einer der vier zu den Zehen gehenden Collateraläste unversehrt war.

Für Mensch und Thier wäre hiermit ein ganz normaler Weise vorhandenes Ineinandergreifen und Sich-Ergänzen der peripheren Nervenverästelungen mit Sicherheit nachgewiesen.

Létiévant hat für dieses Verhalten die Bezeichnung der „sensibilité supplée" gewählt, er weist ihr ein sehr umfangreiches functionelles Gebiet zu und stellt eine stattlich ausgebaute mit vielen theoretischen Stützen versehene Theorie derselben auf. In erster Linie macht er die „suppléance sensitive" natürlich abhängig von den zahlreichen anastomosirenden und recurrirenden Fasern, welche sich an der Peripherie zwischen den einzelnen Nervenstämmen finden; ausserdem aber nimmt er noch ein indirectes, durch die dem anaesthetischen Bezirke benachbarten gesunden Hautpapillen vermitteltes Vicariiren an, da er auch an den oben erwähnten Stellen hochgradigster Anaesthesie die Empfindung noch für gewisse leichte Berührungen erhalten fand. Zum Verständniss dieses letzteren Vicariirens bringt er folgendes Gleichniss: wenn Jemand zwischen seinem Zeige- und Mittelfinger den Finger einer zweiten Person eingeschlossen halte, so habe er selbstverständlich von den stärksten sensiblen Reizen, welchen der fremde Finger ausgesetzt wird, absolut keine Schmerzempfindung, er könne dagegen bei einem leichten Streichen des fremden Fingers, obwohl er selbst direct nicht berührt wird, vermöge der gleichzeitigen Erschütterung seiner eigenen Hautpapillen dumpf percipiren, ob gestrichen wurde oder nicht, und könne sogar die Richtung, in welcher gestrichen wurde, angeben. — Das etwas spätere Auftreten der vicariirenden Sensibilität, wie es z. B. in den v. Bruns'schen Fällen mehrfach beobachtet ist, rührt nach Létiévant her von einem localen Stupor der Gewebe: nachdem z. B. aus Anlass einer Neuralgie, eines schmerzhaften Tumors die Gesichtsnerven durch die äusserst heftigen damit verbundenen Schmerzen gleichsam überreizt worden wären, befänden sie sich gleich nach der Operation der Neurotomie in einem ähnlichen Zustande wie ein in einen nur schwach erhellten Raum blickendes Auge, das vorher längere Zeit hindurch durch grelles Licht geblendet worden sei, erst nach einiger Zeit würden sie für die gewöhnlichen Reize wieder empfänglich. Das endlich in mehrfachen Beobachtungen festgestellte Wiederverschwinden des Gefühls nach einigen Tagen sei einfach durch

[1]) Archives de physiol. 1869. II. p. 33—60, p. 307—321.

die dann auftretende entzündliche Infiltration der Theile zu erklären. — Létiévant stellt ferner auch eine Theorie der vicariirenden Motilität auf, die aber einer geringeren Ausbildung als die Sensibilität fähig sei. —

Nachdem im Vorstehenden der Erfolg der Abtrennung eines Nervenstammes vom Centrum in seinen Hauptpunkten besprochen worden ist, wird es klar sein, dass jener klinische Erfahrungssatz, nach welchem bei Traumen gemischter Nerven die sensible Störung in der Regel geringer als die motorische ist, durchaus nicht durch die einfache Annahme einer verschiedenen Widerstandsfähigkeit der Nervenfasern als hinreichend erklärt gelten kann. Letztere Annahme kann nach den vorstehenden Auseinandersetzungen sogar völlig überflüssig erscheinen, indem die Thatsachen der vicariirenden und recurrirenden Sensibilität sowie des gar nicht seltenen differenten Verhaltens des Nervenverlaufs für den obigen Erfahrungssatz vielleicht ein völlig ausreichendes Erklärungsmaterial abgeben. Vielleicht, — denn so ganz einfach liegen die Verhältnisse doch nicht. Wir haben es in der Praxis durchaus nicht immer mit Läsionen zu thun, in denen der Nerv völlig vom Centralorgan abgetrennt ist, sondern oft hat nur ein ganz unbedeutendes Trauma, ein leichter Druck z. B., eingewirkt, und gerade in diesen leichten Fällen frappirt der geringe Grad der Empfindungsstörung. Auch braucht durchaus nicht jeder Theil des Nervenquerschnitts in gleich hohem Grade betroffen zu sein, es kann z. B. nur die eine Hälfte lädirt sein und ihre Leitungsfähigkeit eingebüsst haben. Und ferner ist der Umstand wohl zu berücksichtigen, dass die klinische Beobachtung es sehr oft nicht mit ganz frischen Fällen zu thun hat. Der Arzt erfährt erst davon, wenn der Patient seiner Lähmung wegen, die nicht weichen will, sich an ihn wendet; und wenn bereits Tage, Wochen, Monate seit Einwirkung des Traumas verflossen sind, so kann das Verhältniss zwischen motorischer und sensibler Störung inzwischen sich sehr verändert haben. Nach einem leichten Druck z. B., der anfangs die Functionen gleichmässig schädigte, können die sensiblen Fasern sich eher erholt haben als die motorischen; vor Allem aber kann nach einer schweren Läsion, deren Beseitigung nur durch Neubildung von Nervengewebe möglich war, diese Regeneration in den sensiblen Fasern zeitiger als in den motorischen zu Stande gekommen sein, wie dies z. B. Schiff[1]) mit Entschiedenheit ausspricht und auch experimentell bewiesen haben will. Zur Erklärung der uns nach Nervenläsionen entgegentretenden ungleichen Functionsstörungen können daher — auch wenn wir annehmen, dass die Läsion auf jeden Theil des Querschnitts physikalisch gleich intensiv eingewirkt hat — eine ganze Reihe von Factoren mitwirkend sein: so die vicariirende und recurrirende Sensibilität; die mitunter vorkommenden Varietäten des Nervenverlaufs;

[1]) l. c. S. 124.

eine möglicherweise ungleiche Resistenzfähigkeit der Nervenfasern gegen traumatische Einflüsse; eine möglicherweise ungleiche Regenerationsfähigkeit; — vielleicht auch noch andere Momente, die sich vorläufig unserer Kenntniss gänzlich entziehen.

Hier, wie überall, wo zur Klärung der Thatsachen die klinische Beobachtung im Stiche lässt, tritt der Thierversuch in seine Rechte. Speciell die Ansicht von der ungleichen Resistenzfähigkeit der Nervenfasern gegen gleiche mechanische Einwirkungen ermangelt noch eines experimentellen Beweises. Ich habe mir daher in der nachfolgenden Untersuchung die Aufgabe gestellt, diese Ansicht auf dem Wege des Thierversuchs einer Prüfung zu unterwerfen.

Das Verhalten der Nerven, sowohl der motorischen als der sensiblen Faser, gegen mechanische Einwirkungen ist durch ausgedehnte experimentelle Forschungen in vielen Einzelheiten bekannt. Man weiss, dass jeder gröbere mechanische Einfluss den Nerven erregt, doch Erregbarkeit und Leitungsfähigkeit an der betroffenen Stelle aufhebt, man weiss, dass leichte mechanische Eingriffe, wenn sie mit einer gewissen Plötzlichkeit erfolgen, den Nerven erregen ohne ihn zu zerstören, und man hat diese Art der Reizung sehr häufig bei experimentellen Untersuchungen benutzt (Heidenhain's mechanischer Tetanomotor). Man kennt auch den Einfluss eines ganz allmälig zunehmenden Druckes auf die Nervenfaser: er hemmt zwar schliesslich die Leitung, erzeugt aber keine Bewegung (Fontana[1])); er bringt an der sensiblen Faser zwar anfangs fortwährende Empfindung zu Stande, wird aber bei längerer und selbst starker Einwirkung nicht mehr wahrgenommen (Schiff[2])). Sehr interessant ist eine Versuchsreihe von Weir Mitchell[3]), durch welche derselbe die absolute Druckgrösse, bei welcher die Leitung des motorischen Nerven unterbrochen wird, festgestellt hat. Indem der Druck einer Quecksilbersäule (Glasröhre mit einer Kautschuklamelle am unteren Ende) auf dem N. ischiadicus eines Kaninchens lastete, wurde durch wiederholte central von der Druckstelle applicirte electrische Reizung constatirt, bei wie grosser Druckhöhe keine Muskelzuckung mehr erfolgte, und es ergab sich, dass eine Quecksilbersäule von 18—20 Zoll Höhe binnen 10—30 Secunden die Leitungsfähigkeit des Nerven zu vernichten vermochte, während nach Wegnahme des Druckes letztere in derselben ganz kurzen Zeit sich wiederherstellte. Mikroskopisch fand sich an der Druckstelle eine ausgedehnte Zerstörung der Nervenfasern, die bisweilen ein Bild wie 7 oder 8 Tage nach einer Nervendurchschneidung

---

[1]) Beobachtungen und Versuche über die Natur der thierischen Körper. Uebersetzt von Hebenstreit. Leipzig 1785. S. 141.

[2]) l. c. S. 95.

[3]) Injuries of nerves and thier consequences. Philadelphia 1872. p. 112.

darboten. Aehnliches betreffs der histologischen Veränderungen comprimirter Nerven fand Chapoy[1]), er hebt jedoch als wesentlich hervor, dass nicht alle Fasern gleich stark betroffen sind: einige können ganz normal aussehen, während andere Fasern weniger hyalin erscheinen, noch andere kleinere und grössere Körnchengruppen zeigen. Ob in Weir Mitchell's Versuchen auch die sensible Leitung aufgehoben war, habe ich bei ihm nicht erwähnt gefunden, auch sonst in der Literatur bin ich specielleren Angaben über diesen Punkt nirgends begegnet[2]).

In meinen eigenen Versuchen liess ich einen mässigen aber anhaltenden Druck auf den Nerven einwirken und beobachtete, wie bei abwechselnder centraler und peripherer Reizung motorische und sensible Reaction allmählich erlosch.

Als Versuchsthiere benutzte ich fast ausschliesslich Kaninchen, meist kleinere oder höchstens mittelgrosse Thiere; als Versuchsnerv diente ausschliesslich der N. ischiadicus, der etwa in mittlerer Höhe des Oberschenkels auf die unten beschriebene Art der Einwirkung des Druckes ausgesetzt wurde. Central und peripher von der Druckstelle, einige Centimeter entfernt, geschah die Reizung des Nerven, die einerseits mit Contraction der am Unterschenkel und Fuss befindlichen Muskeln, andrerseits mit einer Schmerzzuckung des Thieres beantwortet wurde. Stets wurde ohne Narcose operirt. Als Reizmittel erwies sich am zweckmässigsten der Inductionsstrom, wie ich ihn von der secundären Spirale eines Dubois'schen Schlittenapparats, in dessen primären Stromkreis ein kräftiges Grenet'sches Element eingeschaltet war, erhielt. Der in Millimetern ausgedrückte Abstand der beiden Spiralen gab ein genaues Mass für die Stromstärke, derart, dass die grösseren Zahlen den schwächeren Reizen, der Rollenabstand 0 der grössten Reizstärke entsprach. Die Leitungsschnüre der secundären Spirale liefen in zwei Platindrähte aus, welche mehrere Millimeter entfernt mit einander verbunden waren und zur Prüfung der Empfindung des Thieres auf die befeuchtete Wadenhaut aufgesetzt wurden. Um centralwärts von der Druckstelle den motorischen Theil des Nerven zu reizen, wurde der Ischiadicus oben am Becken, da wo er aus der Incisura ischiadica major hervortritt, durch einen Längsschnitt, welcher den grossen Gesässmuskel und den M. pyriformis durchtrennt, freigelegt. Bei grösseren Thieren werden an dieser Stelle oft stark blutende Gefässe verletzt, bei mittelgrossen und kleinen operirt man daselbst, zumal bei einiger Vorsicht, fast ganz ohne Blutung. In den hier ziemlich oberflächlich gelegenen Nerven wurden sodann als

[1]) De la paralysie du nerf radial. Thèse de Paris. 1874.

[2]) Die Angaben Chapoy's (l. c.) über die Wirkung experimentell erzeugter Compression eines Nerven auf Motilität und Sensibilität im Bereiche desselben sind für die vorliegende Frage nicht zu verwerthen. Näheres siehe im Original.

Electroden zwei Stecknadeln, die bis auf Spitzen und Kopfenden gut isolirt waren, eingesenkt, danach die Wunde geschlossen, so dass die Nadeln unverrückt im Nerven fixirt waren und nur mit den Kopfenden über das Niveau der Haut herausragten. Sobald letztere mit den Platinelectroden in Berührung gebracht wurden, war der Stromkreis durch den Nerv geschlossen, es erfolgte Reizung desselben. Trotz der offenbar recht primitiven Natur dieser Reizmethode erwies sich dieselbe selbst bei länger dauerndem Versuch vollkommen ausreichend: der Nerv lag völlig intact in der Tiefe der Wunde und antwortete oft noch nach einer Stunde bei Stromstärken von unverändertem Rollenabstande mit der gleich starken Zuckung.

Von principieller Wichtigkeit für das Versuchsergebniss war natürlich das Postulat, dass bei der Prüfung auf Sensibilität einzig Nervenfasern gereizt wurden, welche ihren Weg durch die Druckstelle nahmen, dass jegliche Einmischung vicariirender und recurrirender Sensibilität ausgeschlossen war. Nur die Nichterfüllung dieses Postulats ist ja der Grund, weshalb die klinische Beobachtung für den Satz von der verschiedenen Resistenzfähigkeit der Nervenfasern nicht beweiskräftig ist. Stets wurden deshalb die neben dem Ischiadicus aus dem Becken hervortretenden Nerven sowie der N. cruralis durchschnitten, und der Beweis, dass einzig der dem Druck unterworfene Nerv die Reize, die auf die Wadenhaut applicirt wurden, dem Centrum übermittelte, ergab sich daraus, dass nach Durchschneidung oder kräftiger Umschnürung des Nerven an der Druckstelle selbst bei übereinandergeschobenen Rollen auch nicht die Spur einer Schmerzensäusserung, eines Reflexes sich zeigte.

Die Druckwirkung wurde nun entweder am ganzen N. ischiadicus oder nur an einem seiner beiden Aeste, N. tibialis oder N. peroneus, beobachtet. Beim Versuch am N. peroneus wurden nach Freilegung des N. ischiadicus am Becken sämmtliche Nerven mit Ausnahme des N. peroneus, der hier schon vom Tibialis deutlich unterscheidbar ist und am weitesten nach aussen liegt, durchschnitten, die Reizung desselben ergab Spreizung der äusseren Zehen mit Streckung derselben; zur Prüfung der Sensibilität wurde der Reiz unten auf die Haut aussen neben der Achillessehne oder nach Excision eines Stückchens Haut daselbst direct auf einen zwischen den Muskeln dort verlaufenden Zweig des Peroneus applicirt. Sollte am N. tibialis operirt werden, so wurden die übrigen Nerven bis auf diesen durchschnitten, bei seiner Reizung erfolgte Zuckung im Gastrocnemius, Zehenbeugung, Adduction der 1. Zehe. Peripher wurde die Wadenhaut gereizt, da wo unter ihr der N. saphenus minor — ein Ast des N. tibialis, der unterhalb der Incisura ischiadica major entspringend mit diesem Nerven, von derselben Scheide umschlossen, abwärts verläuft und sich oberhalb der Kniekehle von ihm trennt —

neben der V. saphena parva über dem Gastrocnemius hin nach aussen und unten zieht.

Die Druckvorrichtung selbst war sehr einfach. Da es nicht in meiner Absicht lag, die absoluten Druckgrössen, welche die Leitung in der motorischen und in der sensiblen Faser unterbrechen, wie dies für den motorischen Nerven durch Mitchell geschehen ist, festzustellen, sondern da ich einzig die Frage, ob überhaupt eine verschiedene Widerstandsfähigkeit der Nervenfasern besteht, beantworten wollte, so wählte ich zur Erzielung einer mässigen andauernden Compression des Nerven die einfache Umschnürung desselben. Auch wurde hiermit das Zustandekommen der Drucklähmungen beim Menschen (Schlaflähmung, Krückenlähmung) insofern möglichst vollkommen reproducirt, als ich den Druck bald einige Secunden, bald Minuten, ja bis eine Stunde lang und darüber einwirken liess. Zur Umschnürung diente bei den ersten Versuchen ein einfacher Seidenfaden, dessen Enden dann gespannt erhalten wurden; später erwies sich eine dünne Gummischnur, die vermöge ihrer Elasticität auch nach dem Zuschnüren von selbst sich noch enger zusammenzieht, zweckmässiger. Natürlich wurde der Nerv nicht direct umschnürt, sondern stets zugleich in beträchtlicher Dicke (fast 1 Ctm. nach jeder Richtung) die umliegende Muskulatur; meist wurde auch das Femur mitgefasst, dabei aber den grossen Schenkelgefässen ausgewichen. Dass bei dieser Anordnung jede Partie des Querschnitts des Nerven unter einem gleich starken Drucke stand, unterliegt keinem Zweifel, denn bei der Dicke der zwischen Nerv und Schnur liegenden Muskelschicht, die meist noch durch ein zwischen sie und die Schnur eingeschobenes Holzplättchen vor directem Durchschneiden bewahrt wurde, musste in der Tiefe, an der Stelle des Nerven, der Druck wohl an allen Punkten des letzteren gleichmässig stark sein, was auch durch das trotz mannigfacher Schnürungsweise stets gleiche Versuchsresultat vollkommen bestätigt wurde.

Der Versuch, z. B. Druck auf den N. tibialis, hatte daher folgende Anordnung. Cruralis durchschnitten, Lumbalnerven hinten am Becken freigelegt und bis auf ihre mittlere Partie (Tibialis) durchschnitten. Electroden daselbst fixirt. Hautschnitt hinten am Oberschenkel, N. ischiadicus etwa in der Mitte des letzteren sammt den umliegenden Muskeln und dem Knochen umschnürt. Vor dem Anziehen der Schnur wurde die schwächste Stromstärke festgestellt, bei welcher die Reizung oben am Becken Zuckung der Wadenmuskeln und Spreizung der inneren Zehe, die schwächste, bei welcher die Reizung der Wadenhaut die erste leichte Reflexzuckung auslöste. Diese Prüfung wurde nach 10 bis 30 Minuten wiederholt, um sicher zu sein, ob keine Verrückung der Electroden, keine Interposition von Blutgerinnseln daselbst, keine Verletzung des Nerven mit schnellem Sinken der Erregbarkeit oder ähnliche Fehlerquellen auf-

getreten seien; fast stets erfolgte der erste schwache Reizeffect bei dem gleichen Rollenabstande wie vorher. Um zu wissen, ob leichte Aenderungen in der Erregbarkeit des sensiblen Theiles des Nerven vielleicht durch eine Veränderung der Reflexerregbarkeit überhaupt zu Stande kamen, wurde zur Controlle für diese letztere auch am gesunden Bein die zur Hervorrufung der ersten Reflexzuckung erforderliche Reizgrösse festgestellt. Dann erfolgte die Schnürung. Abwechselnd hierauf wiederholte Reizungen des Nerven, welche die allmälig eintretende völlige Unterbrechung der Leitung durch den Druck anzeigten. Dass niemals, selbst bei grösster Reizintensität, Stromschleifen, welche sich bis jenseits der Schnürungsstelle erstreckten, mit im Spiele gewesen sind, braucht wohl kaum besonders betont zu werden. Auch der Einwand, dass bei der Umschnürung der den Nerven umhüllenden Gewebe vielleicht die Blutzufuhr zum Unterschenkel und Fuss gehemmt und dadurch in letzteren Theilen die Erregbarkeit vermindert worden sei und dass dies zu Täuschungen veranlasst habe, wird hinfällig dadurch, dass diese Theile auch nach völliger Aufhebung der Nervenleitung sich unterhalb der umschnürten Stelle gut erregbar zeigten.

Nach dieser vielleicht etwas zu sehr ins Detail gehenden Beschreibung der Methode gebe ich sogleich die Resultate, zu denen ich gelangt bin; als Beispiele mögen einige unten angeführte Versuchsprotokolle dienen.

Zunächst begegnete es mir sehr oft, dass zu stark geschnürt wurde. Motorische und sensible Leitung waren im Moment oder nach wenigen Secunden unterbrochen, und zumal bei den ersten Experimenten liess die restitutio ad integrum vergeblich auf sich warten. In anderen Fällen, bei möglichst vorsichtigem Operiren, stellte sich das Leitungsvermögen, wenn sofort nach der Constatirung der Läsion der Druck entfernt wurde, meist in ganz kurzer Zeit, in einigen Secunden, wieder her (in ähnlicher Weise wie in Weir Mitchell's Versuchen). Wurde dann von Neuem geschnürt und schnell wieder die Schnürung gelöst, so wiederholte sich das Spiel: nach totaler Unterbrechung der Leitung war der Nerv binnen kaum einer Minute wieder vollkommen restituirt, ja es kam mehrfach vor, dass diese flüchtige Functionshemmung 4 bis 6 Mal hintereinander erzeugt werden konnte.

In der Mehrzahl der Fälle aber — und diese waren ja für mich die wesentlichen — gelang es, durch einen ganz allmälig wirkenden, längere Zeit hindurch andauernden Druck die Leitung zu unterbrechen. Es bedurfte dazu bald nur weniger Minuten, bald einer Viertelstunde, einer halben Stunde und noch längerer Zeit, bis schliesslich selbst bei übereinandergeschobenen Rollen die Zuckung ausblieb. Der Einfluss eines solchen allmälig sich geltend machenden Druckes bestand für die motorischen Fasern nur in einer Leitungsunterbrechung, niemals in einer

Reizung, die Fasern wurden gelähmt ohne gereizt zu werden (Fontana). Ob für die sensiblen Fasern dasselbe gilt, ist durch den Versuch am Thiere nicht sicher bewiesen: oft geschah allerdings die Ausbildung völliger Anästhesie ohne die geringste Schmerzäusserung, doch über alle unterhalb der Schmerzgrenze gelegenen Sensationen, die das Thier möglicherweise empfunden hat, sind wir im Dunkeln.

Bei dieser allmäligen Druckwirkung ergab sich nun mit Constanz das gewiss auffallende und interessante Verhalten, dass die Leitungshemmung für die motorische Faser früher eintrat als für die sensible. Mehrmals passirte es, dass, als die Schnürung schon 10 bis 15 Minuten angedauert hatte und noch keine Spur einer gestörten Leitung sich bemerkbar machte, dann plötzlich, in ganz kurzer Zeit, Motilität und Sensibilität schwanden; hierbei kann jedoch, aus irgend welchen unbekannten Gründen, vielleicht durch eine geringe Bewegung des Thieres, die Druckzunahme rasch so bedeutend geworden sein, dass Motilität und Sensibilität in gleicher Weise beeinträchtigt wurden. In anderen Fällen dagegen war der motorische Nerv oberhalb der Druckstelle für die stärksten faradischen Ströme nicht mehr erregbar, während die gleich darauf peripher vorgenommene Reizung noch deutliche Schmerzreaction ergab; in einigen Versuchen war bei vollkommener Unterbrechung der motorischen Leitung die sensible Bahn sogar völlig intact, ganz wie im Beginn des Versuches. Niemals wurde das umgekehrte Verhalten, Abschwächung oder Vernichtung der Sensibilität bei noch vorhandener motorischer Leitung, beobachtet. Jeder Unbefangene konnte aus diesen Erscheinungen keinen anderen Schluss ziehen, als dass derselbe Druck, welcher die Leitung der motorischen Erregung zu unterbrechen vermochte, zur Unterbrechung der sensiblen nicht ausreichend war. Erst wenn die Compression noch länger andauerte oder erst nachdem die Schnur noch fester angezogen war, wurden allmälig auch die sensiblen Fasern undurchgängig, so dass bei 0 Rollenabstand Reizung der Wadenhaut ohne Erfolg blieb. Ein constantes Verhältniss in der Zeitdauer, die nöthig war um motorische und sensible Fasern zu lähmen, hat sich bei diesen Versuchen nicht herausgestellt: bald folgte, bei verschieden langer Dauer des Drucks, die Anaesthesie ganz kurze Zeit nach der Paralyse, bald trat sie erst längere Zeit (10 bis 30 Min.) nach letzterer auf, mitunter blieb die Empfindung ganz oder fast ganz ungestört — ein Ergebniss, dessen Ursache wahrscheinlich in der für eine gleichmässig fortschreitende Beeinträchtigung der zarten Structur der Nervenelemente viel zu rohen und ungleichmässigen Wirkung des Druckapparates zu suchen ist.

Bei der allmälig abnehmenden Empfindlichkeit der Wadenhaut ist häufig, jedoch nicht in allen Fällen, eine Erscheinung bemerkt worden, die nur als eine Verlangsamung der Leitung an der Druck-

stelle gedeutet werden kann. Wenn nämlich bei Reizung der Wadenhaut die Schmerzzuckung erst bei grösseren Stromstärken erfolgte als vor der Compression, so geschah dies häufig nicht sofort im Anschluss an den Reiz, wie dies zur selben Zeit am gesunden Bein demonstrirt werden konnte, sondern erst nach einiger Zeit, etwa nach 1 bis $1^1/_2$ Secunden, nachdem die Electroden längst von der Wade entfernt worden waren. War nach Entfernung der Schnürung die normale Empfindlichkeit wieder da, so wurde der Reiz prompt und rasch wie im Anfang beantwortet. Es widerspricht die genannte Erscheinung der bekannten Annahme, dass bei peripheren Läsionen sensibler Nerven niemals eine Verlangsamung der Empfindungsleitung eintrete (Weir Mitchell); indessen hat Kraussold[1]) eine Verlangsamung der Schmerzleitung auch beim Menschen in zwei Fällen von peripheren Nervenverletzungen beobachtet.

Wurde nach Ausbildung der motorischen oder der motorischen und sensiblen Lähmung die Schnürung entfernt, so stellte sich häufig das Leitungsvermögen nach einiger Zeit wieder her. Auch hier ergab sich im Allgemeinen dieselbe Differenz zwischen Motilität und Sensibilität wie beim Comprimiren: in mehreren Versuchen erwiesen sich gleich nach Aufhebung des Druckes — etwa binnen 1 Minute — motorische und sensible Fasern gut leitend, in anderen Versuchen dagegen war die Sensibilität deutlich zurückgekehrt, während die Motilität stark beeinträchtigt oder sogar völlig gelähmt war, so dass jede Stelle des freipräparirten in langer Strecke vorliegenden Nerven bei der Reizung Schmerzensäusserungen vermittelte, dagegen Contraction der vom Ischiadicus versorgten Muskeln erst bei der peripher von der Schnürungsstelle applicirten Reizung sich zeigte. Wie dieses differente Verhalten, dass bald Empfindung und Bewegung gleichzeitig, bald nur die erstere sich restituirte, zu erklären ist, dies zu erforschen bleibt weiteren Versuchen überlassen.

Zur Illustration des Mitgetheilten füge ich hier einen Theil der Versuchsprotocolle bei und bemerke zu denselben nur, dass Differenzen der Reizstärke von 5 bis 15 oder 20 Mm. Rollenabstand keinen sicheren Schluss auf eine Veränderung der Leitungsfähigkeit zulassen, auch am gesunden Bein waren solche Differenzen durchaus nicht selten.

I. Kleines Kaninchen. Linker N. cruralis durchschnitten. Nerven der unteren Extremität (N. glut. inferior, N. cutan. fem. post., N. cutan. cruris post.) mit Ausnahme des N. ischiadicus hinten am Becken durchschnitten. Nadelelectroden daselbst fixirt. Ischiadicus nebst umliegender Muskulatur hinten in der Mitte des Oberschenkels mit Gummischnur umschlungen.

[1]) Volkmann's klin. Vorträge. No. 132. 1875.

	Reizung des l. N. ischiadicus am Becken.	Reizung des N. tibial. an der Wade l.	Reizung des N. tibial. an der Wade r.
	Rollenabstand in Millimetern.		
	Vor der Schnürung.		
10 h. 35 m.	220 Zehenspreizung, Zuckung des Gastrocnemius.	110 Reflexzuckung	110 Reflexzuckung
10 h. 50 m.	220 do.	110 do.	110 do.
10 h. 55 m.	Schnürung des Nerven.		
11 h.	220 wie oben.	110 do.	110 do.
11 h. 10 m.	200 do.	100 do.	100 do.
11 h. 15 m.	150 dasselbe sehr schwach	100 do.	100 do.
11 h. 20 m.	0 äusserst schwache Zuckung des Gastrocnemius.	100 do.	100 do.
12 h.	0 nihil.	105 do.	105 do.
12 h. 5 m.	Schnürung entfernt.		
12 h. 10 m.	0 äusserst schwache Gastroc.-Zuckg.	100 do.	100 do.
12 h. 20 m.	0 Gastroc.-Zuckung u. Zehenspreizg. schwach.	110 do.	110 do.

II. Mittelgrosses Kaninchen. Rechter N. cruralis durchschnitten. Nerven der unteren Extremitäten (wie im vorigen Experiment, dazu der N. tibialis) hinten am Becken durchschnitten. N. ischiadicus in der Mitte des Oberschenkels nebst Muskulatur mit Gummischnur umschlungen.

	Reizung des N. peroneus am Becken.	Reizung des N. peroneus aussen neben der Achillessehne.
	Rollenabstand in Millimetern.	
	Vor der Schnürung.	
10 h. 55 m.	155 Zehenspreizung.	55—65 Reflexzuckung.
10 h. 56 m.	Schnürung.	
11 h. 5 m.	0 nihil.	55—65 do.
	Schnur gelockert.	
11 h. 10 m.	0 nihil.	45 sehr lebhafte Zuckung.
	Schnur noch mehr gelockert.	
11 h. 18 m.	0 nihil.	60 Reflexzuckung.

Nerv am Becken freigelegt, ergiebt bei Reizung mit stärksten Strömen bei direktem Aufsetzen der Platinelectroden keine Zehenspreizung. Dagegen erfolgt gute Reflexzuckung bei Reizung des Peroneus an der Wade.

	Stärker geschnürt.	
11 h. 25 m.	—	0 nihil.
	Schnürung entfernt.	
11 h. 27 m.	—	30 Reflexzuckung.
11 h. 29 m.	—	50 do.
11 h. 31 m.	—	55 do.

Peroneus in ganzer Ausdehnung freigelegt, zeigt sich oberhalb der Gegend der Schnürungsstelle motorisch nicht erregbar, wohl aber unterhalb derselben; dagegen erscheint Schmerzreaction von jeder Stelle desselben aus, auch von der Wade aus. Nach Durchschneidung des Nerven Anaesthesie an der Wade.

III. Kleines Kaninchen. Linker N. cruralis durchschnitten. Nerven am Becken (wie in Exper. I., dazu aber N. peroneus) durchschnitten. Ischiadicus nebst umliegender Muskulatur und Knochen hinten am Oberschenkel mit einem Faden umschlungen.

	Reizung des N. tibialis am Becken.	Reizung der Wadenhaut.
	Rollenabstand in Millimetern.	
	Vor der Schnürung.	
10 h. 13 m.	90 Zuckung des Gastrocnem.	90 Reflexzuckung.
	Gleich darauf Schnürung.	
10 h. 19 m.	90 do.	90 do.
10 h. 26 m.	90 do.	90 do.
	Stärkere Schnürung.	
10 h. 30 m.	90 do.	90 do.
10 h. 35 m.	0 nihil.	0 nihil.
	Schnürung entfernt.	
10 h. 37 m.	90 Schwache Zuckung.	90 Reflexzuckung.
	Von Neuem geschnürt.	
10 h. 40 m.	90 Schwache Zuckung.	90 do.
10 h. 45 m.	0 nihil.	0 nihil.
	Schnürung entfernt.	
10 h. 47 m.	90 Zuckung.	90 Reflexzuckung.
	Von Neuem geschnürt.	
10 h. 49 m.	90 nihil.	90 do.
10 h. 50 m.	0 do.	0 nihil.
	Schnur etwas gelockert.	
10 h. 53 m.	90 Zuckung.	90 Reflexzuckung.
10 h. 55 m.	Neue Schnürung.	
10 h. 57 m.	0 nihil.	50 do.
	Schnürung gelockert.	
11 h. 3 m.	70 Zuckung.	90 do.
	Neue Schnürung.	
11 h. 7 m.	0 nihil.	50 starke Zuckung.

IV. Kleines Kaninchen. Linker N. cruralis durchschnitten. Nerven am Becken bis auf den Ischiadicus durchschnitten. N. peroneus in der Mitte des Oberschenkels durchschnitten. Ischiadicus nebst Muskulatur und Knochen am Oberschenkel mit Gummischnur umschlungen.

	Reizung des l. N. tibialis am Becken.	Reizung des N. tibial. an der Wade l.	Reizung des N. tibial. an der Wade r.
	Rollenabstand in Millimetern.		
	Vor der Schnürung.		
10 h. 15 m.	250 Adduction d. l. Zehe.	95 Reflexzuckung.	110 Reflexzuckung.
10 h. 40 m.	215 do.	110 do.	115 do.
10 h. 50 m.	215 do.	100 do.	100 do.

10 h. 51 m.	Schnürung des Nerven.	Gleich darauf	
	215 Adduct. d. 1. Zehe.	—	—
10 h. 55 m.	210 do.	95 Reflexzuckung.	—
11 h.	210 do.	95 do.	—
11 h. 6 m.	0 nihil.	30 do.	—
11 h. 27 m.	—	40 do.	115 Reflexzuckung.
11 h. 28 m.	0 nihil.	—	—
11 h. 35 m.	—	0 nihil.	—
11 h. 40 m.	—	0 nihil.	—
11 h. 41 m.	Schnürung entfernt.		
11 h. 45 m.	0 nihil.	110 Reflexzuckung.	—

Nerv ganz freigelegt. Bei mittelstarken Strömen ist das obere Stück bis zur Schnürungsstelle motorisch nicht erregbar (d. h. keine Zuckung), wohl aber das untere Stück. Nerv sensibel von der Wade aus gut erregbar. Nach Durchschneidung des Nerven nahe dem Becken fällt der Wadenreflex weg.

V. Mittelgrosses Kaninchen. Linker N. cruralis durchschnitten. Nerven am Becken bis auf den Ischiadicus durchschnitten. N. peroneus am Oberschenkel stark gequetscht. Schnürung wie im vorigen Experiment.

	Reizung des l. N. tibial. am Becken.	Reizung der Wadenhaut links.	Reizung der Wadenhaut rechts.
	Rollenabstand in Millimetern.		
	Vor der Schnürung.		
7 h. 17 m.	240 Adduct. d. 1. Zehe.	115 Reflexzuckung.	115 Reflexzuckung.
7 h. 30 m.	240 do.	115 do.	115 do.
7 h. 45 m.	230 do.	110 do.	110 do.
7 h. 47 m.	Schnürung des Nerven, gleich darauf		
	210 do.	—	—
7 h. 54 m.	210 Zuckg. schwächer.	110 do.	—
8 h.	190 do.	—	—
8 h. 10 m.	0 nihil.	100 do.	100 do.
	0 nihil auch bei directem Aufsetzen der Platinelectroden auf den Nerven.		
8 h. 15 m.	—	55 Reflexzuckung.	100 Reflexzuckung.
8 h. 20 m.	—	0 Zuckung.	110 do.
8 h. 25 m.	—	0 nihil.	110 do.
8 h. 30 m.	—	0 nihil.	110 do.
8 h. 31 m.	Schnürung entfernt.		
8 h. 35 m.	—	40 Reflexzuckung.	110 do.
8 h. 40 m.	—	100 do.	120 do.
8 h. 45 m.	Nerv freigelegt, ist sowohl sensibel als motorisch gut leitungsfähig.		

VI. Mittelgrosses Kaninchen. Linker N. cruralis durchschnitten. Nerven am Becken bis auf Ischiadicus durchschnitten. N. peroneus am Oberschenkel stark gequetscht. Schnürung wie im vorigen Experiment.

	Reizung des l. N. tibial. am Becken.	Reizung der Wadenhaut links.	Reizung der Wadenhaut rechts.
	Rollenabstand in Millimetern.		
	Vor der Schnürung.		
11 h. 35 m.	300 Zuckg. d. Gastrocn.	125 Reflexzuckung.	125 Reflexzuckung.

11 h. 50 m. 280 Zuckg. d. Gastrocn.	110 Reflexzuckung.	110 Reflexzuckung.
11 h. 58 m. 280 do.	105 do.	105 do.
12 h. Schnürung des Nerven.	Gleich darauf	
280 do.	—	—
12 h. 3 m. 280 do.	—	—
12 h. 6 m. 260 sehr schwache Zuckung.	—	—
12 h. 7 m. 120 nihil (stärkere Ströme nicht geprüft).	—	—
12 h. 8 m. —	90 do.	90 do.

Nerv am Becken freigelegt, giebt selbst bei sehr starken Strömen (bis 40 Mm. Rollenabstand geprüft) keine Zuckung, dagegen

12 h. 10 m. —	60 Reflexzuckung.
12 h. 12 m. —	30 do.
12 h. 13 m. Schnürung entfernt.	

Reizung des freigelegten Nerven oberhalb der Schnürungsstelle ergiebt keine Zuckung, sensibel ist er leitungsfähig. Nach Durchschneidung des Nerven an der Druckstelle fällt der Wadenreflex weg.

VII. Ziemlich grosses Kaninchen. Linker N. cruralis durchschnitten, desgleichen die Nerven am Becken bis auf Ischiadicus. N. peroneus am Oberschenkel stark gequetscht. Um den Ischiadicus in mittlerer Höhe des Oberschenkels Faden geschlungen, Muskulatur mitgefasst.

	Reizung des N. tibialis am Becken.	Reizung der Wadenhaut.
	Rollenabstand in Millimetern.	
	Vor der Schnürung.	
4 h. 5 m.	100 Zehenbeugung.	50 Reflexzuckung.
4 h. 14 m.	Schnürung des Nerven.	Gleich darauf schreit das Thier.
4 h. 15 m.	0 nihil.	40 do.

Nerv unterhalb der Schnürungsstelle freigelegt, zeigt sich motorisch sehr gut erregbar, das Thier verräth Schmerz bei der Reizung. Oberhalb der Schnürungsstelle entsteht bei Reizung des freigelegten Nerven selbst mit sehr starken Strömen keine Zuckung. Nach Durchschneidung des Nerven dicht unterhalb der Schnürungsstelle fehlt jede Schmerzzuckung von der Wade aus.

VIII. Ziemlich kleines Kaninchen. Linker N. cruralis durchschnitten. Nerven am Becken bis auf Ischiadicus durchschnitten. N. tibialis am Oberschenkel durchschnitten. In der Mitte des Oberschenkels der Ischiadicus nebst umgebender Muskelschicht mit Gummischnur umschlungen.

	Reizung des N. peroneus am Becken.	Reizung des N. peron. aussen neben der Achillessehne.
	Rollenabstand in Millimetern.	
	Vor der Schnürung.	
8 h. 30 m.	140 Zehenspreizung.	70 Reflexzuckung.
8 h. 40 m.	140 do.	70 do.
9 h.	130 do.	70 do.
9 h.	Schnürung des Nerven.	Gleich darauf
	130 do.	—
9 h. 5 m.	125 do.	—
9 h. 9 m.	0 nihil.	—

Nerv oberhalb der Schnürungsstelle freigelegt, giebt bei directer Reizung
0 nihil.
Unterhalb der Schnürungstelle ist er gut erregbar. — Die sensible Reizung des Nerven neben der Achillessehne ergiebt 0 Zuckung.
9 h. 12 m. — 0 nihil.
9 h. 15 m. Schnürung entfernt.
9 h. 15 m. 0 nihil. 0 nihil.
9 h. 20 m. 0 nihil. 0 Zuckung.
Nerv unterhalb der Schnürungsstelle vollkommen gut erregbar.

Es erübrigt nun, die Folgerungen zu besprechen, welche sich aus dem mitgetheilten Versuchsresultat — die motorische Nervenfaser ist gegen Druck weniger widerstandsfähig als die sensible — für Physiologie und für Pathologie nothwendig ergeben. Sie sind leicht zu erkennen. Die Lehren der Physiologie anlangend, so kann jenes Resultat, so sehr auch die modernen Physiologen gegen eine derartige Anschauung sich verwahren, dennoch nicht wohl anders als durch eine physiologische Differenz der beiden Arten von Nervenfasern erklärt werden. Alle Angriffe, welche das Axiom von der Gleichartigkeit der Nervenfasern zu erfahren hatte, sind bisher stets siegreich zurückgeschlagen worden, vornehmlich hatte die Ueberlegung, dass für das Zustandekommen der äusserst mannigfaltigen nervösen Reizerfolge einfach die Beschaffenheit des Erregungs- oder des Erfolgsorgans massgebend sei, dazu genügt. Doch es ist ersichtlich, dass in unserem Falle diese Ueberlegung nicht ausreicht, und ich wüsste auch nicht, wie anders als durch die Annahme einer physiologischen Differenz der Fasern jenes verschiedene Verhalten gegen Compression erklärt werden sollte[1]).

Andererseits ist jenes Resultat sehr wohl geeignet, die über Läsionen peripherer Nerven bekannten klinischen Thatsachen, die am Anfang dieser Arbeit ausführlicher besprochen sind, wenn nicht zu erklären, so doch in überraschender Weise zu illustriren. Es bleibt hier nämlich der Einwand übrig, dass die vorstehenden Experimente sich wesentlich mit dem Studium des directen Einflusses der Compression beschäftigen, dagegen über die gleich darauf eintretende Restitution der Leitung wenig, über die nach Tagen und Wochen eintretende gar nichts ergeben haben; und der Practiker hat ja so gut wie stets den pathologischen Zustand, wie er nach Stunden und meist erst nach Tagen und Wochen sich darstellt, vor sich. Solchen Betrachtungen ernstlich bis ins Einzelne nachzugehen, ist indessen für die vorliegende Frage, wenn auch nicht müssig, so doch sicher von ganz untergeordneter Bedeutung. Denn die Uebereinstimmung zwischen

[1]) Die physiologische Identität der Fasern bliebe bestehen, wenn man sich vorstellt, dass die Erregungswelle bei centripetalem Fortschreiten grössere Widerstände als bei centrifugalem zu überwinden vermag, — eine Vorstellung, die jedoch durch nichts gestützt ist und deshalb kaum discutirbar erscheinen dürfte.

den klinischen und den experimentellen Befunden ist unverkennbar: wenn z. B., wie mehrere Versuche dies gezeigt haben, der von der Compression befreite, in dem grössten Theile seines Verlaufs freiliegende Nerv bei der auf die verschiedensten Stellen desselben applicirten Reizung immer erst dann Zuckung auslöst, wenn man die Electroden peripher vom Schnürungsorte aufsetzt, während dagegen auch die periphere Reizung dem Thiere lebhafte Schmerzen erzeugt, so stimmt dieses Bild so typisch mit dem klinischen Befunde etwa einer leichten Radialislähmung (Schlaflähmung, Krückenlähmung) überein, dass die alte Ansicht von der verschiedenen Resistenzfähigkeit der Nervenfasern gegen mechanische Einflüsse wohl als bewiesen angesehen werden darf.

Bei aufmerksamer Durchmusterung der klinischen Thatsachen muss übrigens Jeder zugestehen, dass es auch unter letzteren einzelne giebt, welche durch die vicariirenden Nervenfunctionen, soweit unsere Kenntnisse darüber reichen, nicht erklärbar sind, dagegen jener alten Ansicht, resp. — was für das physiologische Interesse von gleichem Belang ist — einer verschiedenen Regenerationsfähigkeit der Nervenfasern dringend das Wort reden.

Mehr als Analogon wie als Beweismittel möchte ich zunächst an dieser Stelle die längst bekannte Beobachtung einschalten, dass bei einer Compression des Rückenmarkes Motilität und Sensibilität oft in sehr ungleichem Grade gestört sind. Bei einer allmäligen Compression der Medulla, wie sie in Folge von Wirbelcaries, Tumoren des Rückenmarks oder seiner Häute und vielen anderen raumbeschränkenden Processen gar nicht selten dem Arzte sich darbietet, haben wir oft das Bild hochgradiger oder völliger motorischer Lähmung, und daneben wenig gestörter ja mitunter, zumal für Berührungen, völlig intacter Empfindung. Nach Vulpian ist dies sogar ein so häufiges Verhalten, dass derselbe den Satz aufstellt: „Un cas de paraplégie étant donné, s'il y a conservation de la sensibilité et abolition de la motilité volontaire, on peut dire presque à coup sûr qu'il s'agit d'une compression“ [1]). Bei einer allmäligen Compression ist nun allerdings geltend zu machen, dass die dabei eintretenden functionellen Störungen der Medulla nicht direct von der Compression, sondern im Wesentlichen von einer gleichzeitig sich entwickelnden Myelitis herzuleiten sind, deren Pathogenese auch schon leidlich aufgeklärt ist; damit treten natürlich Verhältnisse ein, die keineswegs mit einfacher Compressionswirkung identificirt werden dürfen. Indessen auch eine plötzlich erfolgende Compression bietet häufig einen ähnlichen Befund — vollkommene Paralyse, unvollkommene Anaesthesie — dar und zumal bei längerer Dauer des Leidens wird diese Differenz noch frappanter. Es würde unvorsichtig sein, hieraus den Schluss ziehen zu

[1]) Maladies de la moelle. Paris 1879. p. 24.

wollen, dass die motorischen markhaltigen Fasern der Medulla durch Druck leichter gelähmt werden als die sensiblen, denn Rückenmark und peripherer gemischter Nerv sind anatomisch und physiologisch nicht zu vergleichende Apparate, und wahrscheinlich nimmt auch die graue Substanz an dem Zustandekommen jener Störungsdifferenz ganz energischen Antheil. Vulpian bringt folgenden Erklärungsgrund: „Une des raisons, que l'on peut invoquer, c'est que les faisceaux blancs sont indispensables aux fonctions motrices de la moelle et que les éléments de ces faisceaux, les tubes nerveux, échappent moins facilement aux effets de la compression que les éléments nerveux de la substance grise. La sensibilité n'a pour ainsi dire besoin que de la substance grise pour persister et même n'a besoin que d'une très-faible partie de cette substance". Jedenfalls aber dient uns dieses auffallende Verhalten bei Rückenmarkscompression als ein wichtiges Analogon für die Verhältnisse, welche die obigen Experimente aufgedeckt haben.

Dagegen giebt es auf dem uns speciell interessirenden Gebiet der Läsionen peripherer Nerven ähnliche und in ihrer Beweisfähigkeit kaum anfechtbare Beobachtungen. So machte schon vor Jahren Bärwinkel[1]) auf eine Erscheinung aufmerksam, die er wiederholt an Patienten constatirte, die nach ihm Andere bestätigt haben und die in folgendem von ihm formulirten prognostischen Satze ausgedrückt ist: „Wo in den ersten Monaten nach der Verwundung eines Nerven die periphere Druckempfindung (Druck auf den Nervenstamm an irgend einer Stelle unterhalb der Läsion) entsteht (bei motorischer Paralyse. Ref.), da ist der Zusammenhang des Nervenstammes nicht getrennt, sondern dessen Fasern sind nur verschieden intensiv gequetscht und die sensiblen noch leitungsfähig. Eine Heilung der sensiblen Lähmung ist fast sicher, der motorischen mit Wahrscheinlichkeit zu erwarten". — Auch das electrische Verhalten traumatischer Lähmungen kann zur Beurtheilung der vorliegenden Frage mit verwerthet werden. Nach den Beobachtungen Duchenne's ist hierbei ausser der electrocutanen auch die electromusculäre Sensibilität in der Regel weniger ergriffen als die electromusculäre Contractilität. Durch Uebertragung des Princips der vicariirenden Nerventhätigkeit auch auf die sensiblen Nerven der Muskeln wäre allerdings auch hier der Schwierigkeit, eine Differenz der Nervenfasern anzuerkennen, erfolgreich begegnet; allein Duchenne stellt, ganz ähnlich wie Bärwinkel in Bezug auf die Druckreaction, weiter den Satz auf: „Le prognostic de ces paralysies traumatiques est beaucoup moins grave quand la contractilité électromusculaire étant éteinte, la sensibilité des muscles est conservée ou seulement facilement diminuée"[2]).

---

[1]) Ueber ein prognostisch wichtiges Symptom traumatischer Lähmungen. Archiv der Heilkunde. 1871. S. 336.

[2]) De l'électrisation localisée. II. Edit. Paris 1861. p. 228.

Am Schlusse dieser Arbeit kann ich nicht umhin, auch die bei peripheren Lähmungen auftretenden Veränderungen der histologischen Structur und dem entsprechend der electrischen Erregbarkeit für meine Ansicht ins Feld zu führen, oder vielmehr — um mich vorsichtiger auszudrücken — eine Vermuthung auszusprechen, welche die genannten Veränderungen verständlicher als sie uns bisher sind, erscheinen lässt und zu welcher man bei Anerkennung einer verschiedenen Resistenzfähigkeit der Nervenfasern gegen mechanische Einwirkungen zwanglos hingeleitet wird [1]). Schon in den ersten Tagen nach irgend einer erheblicheren traumatischen Störung des Nerven (Durchschneidung, grobe Quetschung, Ligatur) beginnt bekanntlich die Degeneration desselben, die von der Läsionsstelle ausgehend immer weiter nach der Peripherie zu fortschreitet, auf den Muskel übergreift und schliesslich zu hochgradiger bindegewebiger Atrophie des Nervmuskelapparates zu führen vermag. Diesen Vorgängen genau conform tritt eine Abnahme und ein Erlöschen der electrischen Erregbarkeit auf, es kommt zu jenen qualitativ-quantitativen Veränderungen derselben, die vielfach am Menschen studirt sind und die zumal in den classischen Arbeiten von Erb [2]) und von Ziemssen und Weiss [3]) eine vorzügliche Begründung auf dem Wege des Thierexperimentes gefunden haben, zu den Vorgängen der „Entartungsreaction". Auch heute noch stehen für das Verständniss dieser Vorgänge der Hypothese Thür und Thor offen, jedoch stimmen die meisten Autoren darin überein, dass die Degeneration als die Folge der Aufhebung eines vom nervösen Centralorgan ausgehenden Einflusses aufzufassen ist; im Uebrigen sind die Ansichten getheilt, ob dieser Einfluss durch die motorischen Fasern selbst oder durch besondere Nervenfasern (vasomotorische resp. vasomotorische und trophische) vermittelt wird. Die genannten Vorgänge treten jedoch nur bei entschiedener Continuitätstrennung des Nerven auf. In anderen Fällen peripherer Lähmungen begegnen wir einfach quantitativen Veränderungen der electrischen Erregbarkeit oder auch einem ganz normalen Verhalten derselben. Woher diese Differenz? Weshalb z. B. bei einer einfachen Drucklähmung des N. radialis, bei welcher noch nach einer Woche ausgeprägte Paralyse vorhanden sein kann, trotzdem ganz normale electrische Erregbarkeit? Weshalb hier nicht ebenso wie bei Durchschneidung des Nerven Degeneration und Entartungsreaction? In beiden Fällen ist doch für den vom Centrum kommenden motorischen Reiz die Leitung völlig unterbrochen, und wenn allein die motorischen

---

[1]) Wie ich soeben ersehe, ist diese Vermuthung in ganz ähnlicher Weise bereits von Erb (Ein Fall von Bleilähmung. Arch. f. Psych. u. Nerv. V. 1875) ausgesprochen worden.

[2]) Archiv für klinische Medicin. IV. und V. 1868.

[3]) Ibid. IV. 1868.

Fasern den nutritiven Einfluss des Centrums vermitteln, so ist nach Leitungsunterbrechung in diesen Fasern ein solcher Einfluss nicht gut mehr denkbar. Dagegen ist bei Annahme besonderer, von den motorischen verschiedener Leitungsbahnen, welche Vermittler dieses nutritiven Einflusses sind, diese bald rein functionelle, bald zugleich nutritive Störung der peripher gelähmten Theile sehr wohl verständlich; man braucht bloss, wie dies für die sensiblen Nerven in der vorliegenden Arbeit zu beweisen versucht ist, einfach anzunehmen, dass auch jene der normalen Ernährung vorstehenden Fasern durch eine grössere Widerstandsfähigkeit gegen mechanische Läsionen sich auszeichnen als die motorischen. Ich bin mir bewusst, dass diese Auffassung, wie so Vieles auf dem berührten Gebiet, des sicheren Beweises noch bedürftig ist, jedenfalls aber liegt sie, wenn man einmal die physiologische Differenz der Nervenfasern anerkennt, ungemein nahe. —

Blicken wir auf die gewonnenen Resultate zurück, so stellt sich der Eingangs dieses Aufsatzes hervorgehobene klinische Erfahrungssatz jetzt in etwas hellerem Lichte dar. Dass zur Erklärung desselben eine ganze Reihe von Momenten herangezogen werden muss, ist des Näheren oben auseinandergesetzt worden: die Entscheidung darüber, welchen Antheil im speciellen Falle der eine oder andere dieser mehrfachen Erklärungsfactoren in Anspruch nimmt, bleibt der weiteren Forschung vorbehalten.

Lebenslauf.

Verfasser, am 14. Februar 1854 zu Berlin geboren, bezog daselbst nach bestandener Maturitätsprüfung die Universität und betrieb seine medicinischen Studien theils in Berlin, theils in Jena, woselbst er im März 1876 auf Grund einer der Facultät vorgelegten Dissertation zum Doctor medicinae promovirt wurde und im Winter 1876/77 das ärztliche Staatsexamen absolvirte. Nachdem er ein Jahr hindurch seinen militairischen Pflichten Genüge geleistet, fungirt er seit dem April 1878 als Assistenzarzt der medicinischen Klinik zu Jena.

Den Herren, die ihm in letzterer Stellung durch ihre im täglichen Verkehr sich darbietende reiche wissenschaftliche Anregung und Belehrung förderlich gewesen sind — Herrn Hofrath Nothnagel, Herrn Prof. Lichtheim, Herrn Prof. Fürbringer — spricht er seinen wärmsten Dank hiermit aus.

Gedruckt bei L. Schumacher in Berlin.